



# Application de la systémique à la conception d'un modèle de conduite en mode dégradé d'une centrale nucléaire

Pierre Millerat, Mathias Chaillot, Jean-Louis Ermine

## ► To cite this version:

Pierre Millerat, Mathias Chaillot, Jean-Louis Ermine. Application de la systémique à la conception d'un modèle de conduite en mode dégradé d'une centrale nucléaire. 3ième Congrès Européen de Systémique, Oct 1996, Rome, Italie. pp.1011-1017. hal-00984431

**HAL Id: hal-00984431**

**<https://hal.science/hal-00984431>**

Submitted on 28 Apr 2014

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# **Application de la systématique à la conception d'un modèle de conduite en mode dégradé d'une centrale nucléaire**

*Pierre Millerat, Mathias Chaillot, Jean-Louis Ermine*

---

3<sup>ème</sup> Congrès Européen de Systématique, Rome, 1-4 octobre 1996, pp. 1011-1017, Kappa Ed.

*Version anglaise*

*"Knowledge management for modelling nuclear power plants control in incidental and accidental states"*

*paru dans*

Computational Engineering in Systems Applications, CESA'96 IMACS Multiconference, Lille,  
July 9-12, 1996, Symposium on Modelling, Analysis and Simulation, Vol. 2, pp. 982-987.

---

# Application de la systémique à la conception d'un modèle de conduite en mode dégradé d'une centrale nucléaire

Pierre Millerat\*, Mathias Chaillot\*\*, Jean-Louis Ermine\*\*

\*EDF/DER/CCC

Groupe Études Fonctionnelles  
6 quai Wattier  
78401 Chatou Cedex

\*\*Commissariat à l'Énergie Atomique  
DIST/SMTI

Groupe Gestion des Connaissances  
Centre d'Études de Saclay  
91191 Gif sur Yvette Cedex

---

**RESUME :** Cette publication présente un modèle de conduite d'une centrale nucléaire en mode dégradé fondé sur l'élaboration conjointe de trois modèles. Le premier décrit l'ensemble des phénomènes physiques pertinents pour le pilotage d'une centrale nucléaire, le second l'ensemble des activités de conduite d'un opérateur, le troisième une procédure de conduite en mode dégradé d'une centrale nucléaire. La finalité de ce modèle est d'expliquer à un opérateur cette conduite.

**ABSTRACT:** This document formalises a qualitative model of the operators' behaviour in nuclear power plant accidental control. This model concerned three topics closely linked : the description of every physical phenomena implied during the application of the State-oriented Approach (APE in French) procedures or model of process, the description of every activities for managing all thermohydraulic incidents and accidents used by the operators' team or model of activities and the description of the strategy used in the APE procedures or tasks model.

---

## 1. Introduction

### 1.1. Contexte du projet

Le modèle présenté dans cet article a été conçu dans le cadre de l'avant projet de conception d'un nouveau palier nucléaire appelé REP2000. L'EDF (Electricité de France), et le CEA (Commissariat à l'Energie Atomique) sont partenaires dans ce projet. Afin d'améliorer la conduite de ces futures centrales, des études sont en cours dans le domaine des systèmes informatisés d'aide à la conduite en mode dégradé des centrales nucléaires<sup>1</sup>.

### 1.2. Objectifs du projet

- a) *Capitaliser et structurer les connaissances* acquises par l'EDF depuis 15 ans dans la *conduite*, en se fondant sur la compréhension de rapports techniques expliquant la méthode de conduite, appelée Approche par Etat (APE), mais aussi sur la réflexion d'experts de conduite.
- b) *Élaborer un modèle de conduite* permettant de :
  - comprendre les processus physiques survenant sur une tranche, ainsi que leurs enchaînements,
  - comprendre les actions de conduite en les liant à ces processus physiques,
  - expliquer chaque tâche opérateur par sa relation avec le processus qu'elle contrôle,
  - positionner chaque tâche opérateur dans le contexte global des activités de conduite,
- c) *Disposer d'un modèle de compréhension de la conduite*. Ce modèle doit être consultable au moyen d'un logiciel utilisant les techniques de l'hypermedia.

---

<sup>1</sup> On notera dans la suite du texte, *conduite* la conduite en mode dégradé des centrales nucléaires

## 2. La méthode MKSM de gestion de connaissances

### 2.1. Principe de la méthode

La méthode MKSM (Methodology for Knowledge Systems Management) décrite dans [Ermine 96] a été conçue en France au CEA. Fondée sur une approche multi points de vue, elle permet d'appréhender la complexité réelle d'un système sans le simplifier a priori.

MKSM propose différents type de modèles en fonction de la qualité du *grain de connaissances* recherché. Elle considère trois points de vue. Le premier est le point de vue syntaxique. Il suppose qu'une connaissance possède une forme, l'information. Le second est le point de vue sémantique. Il concerne la *signification* de l'information. Le troisième est contextuel (ou pragmatique). Il suppose qu'une connaissance existe parce que sa forme et sa signification sont données dans un milieu qui lui donne sa richesse et sa pertinence.

Ce projet s'est essentiellement concentré sur le troisième point de vue, en répondant à la question : "Est-il possible de présenter de façon structurée et pertinente l'ensemble des activités de *conduite* en les liant aux processus physiques modélisant le comportement de la centrale ?" Avec le vocabulaire MKSM, ceci revient à élaborer et lier un *modèle d'activité*, un *modèle du domaine* et un *modèle de tâches*.

### 2.2. La modélisation du domaine

Le modèle du domaine répond à la question : "De quoi parle la connaissance ?" Nous supposons que le domaine de connaissances peut-être décrit de façon pertinente par l'ensemble des processus qui s'y déroulent. La modélisation du domaine est fondée sur la *théorie du système général* (Cf. [Le Moigne 77]). Cette théorie fonde un *processus* physique autour de quatre concepts : un système *source* et un système *cible* dans lesquels se produisent des *activités* (ou phénomènes physiques), un *flux* (de matière, d'information, d'énergie...) et un *champ*.

### 2.3. Le modèle d'activité

Le modèle d'activité est une analyse fonctionnelle descendante et finalisée des activités du système. Chaque *activité* est décomposée hiérarchiquement en sous-*activités* qui décrivent l'activité du système. Le langage de modélisation reprend et adapte les caractéristiques du langage SADT (Cf. §3.4.).

### 2.4. Le modèle de tâche

Un modèle de tâche est un modèle cognitif au sens qu'il est pertinent à la fois pour les détenteurs de la connaissance et pour ces destinataires (cf. [Scapin 90] ou [Sebillotte 88]). Il décrit la stratégie employée pour résoudre le(s) problème(s) qui sont posés dans le système de connaissances considéré. On le considère comme un modèle dynamique de la connaissance. La technique utilisée est décrite dans [Hickman 89] et dans [Breuker 94].

## 3. La modélisation effectuée dans notre projet

### 3.1. Principes de modélisation

Tout modèle de conduite d'une centrale nucléaire suppose une très grande connaissance de son fonctionnement et des phénomènes physiques présents. La principale difficulté rencontrée lors de la modélisation de la *conduite* est l'enchevêtrement des phénomènes physiques et des actions de conduite. La méthode MKSM, présentée ci-dessus, permet de structurer cette modélisation sans perdre la signification globale de la *conduite*.

A la formalisation proposée par la méthode, nous ajoutons une organisation de la modélisation fondée sur deux démarches antagonistes : l'une disjonctive pour identifier les spécificités du modèle des activités et du modèle du domaine, l'autre conjonctive pour identifier leurs liens. Pour cela, nous nous sommes aidés des premières réflexions sur l'APE [Sureau, 81], mais aussi sur les explications orales d'experts EDF de la conduite. L'équilibre dynamique entre ces deux démarches est obtenu en introduisant la finalité du projet : *comprendre, expliquer et justifier la conduite*.

Globalement, les quatre préceptes de la systémique (pertinence, agrégat, émergence et finalité) ([Le Duc 1995]) fondent l'essentiel de notre démarche. Ainsi, ne recherchant que les éléments de modélisation utiles à la compréhension de la conduite, nous ne réalisons pas une décomposition en éléments simples mais uniquement en éléments pertinents. Nous acceptons de ne savoir que l'indispensable à la compréhension de la conduite. Le tissage des liens entre les différents concepts inclus dans le modèle est bâti au fur et à mesure de la construction en parallèle des deux modèles. De cette structure émerge la qualité du modèle et sa capacité à expliquer la conduite.

### 3.2. La modélisation des processus physiques intervenant lors de la conduite d'une tranche

Le modèle du domaine de la conduite est composé de 29 processus. Il est juste suffisant pour comprendre les phénomènes physiques en jeu lors de la conduite d'une centrale. Ce modèle a été validé par le Département Sûreté Nucléaire de l'EDF. ( Cf. figure 1)

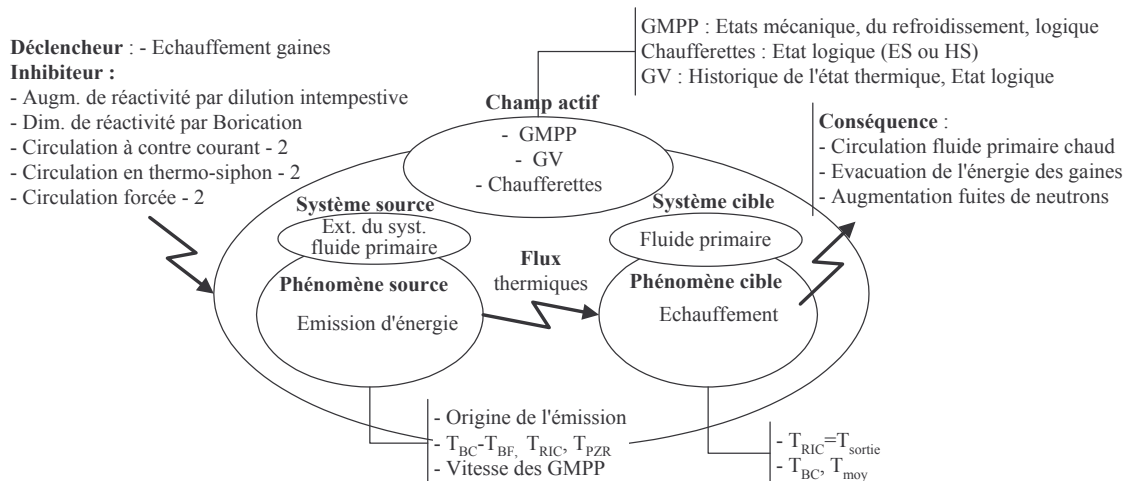


figure 1 : Processus d'échauffement du fluide primaire

### 3.3. Conception d'un graphe de processus (ou scénario)

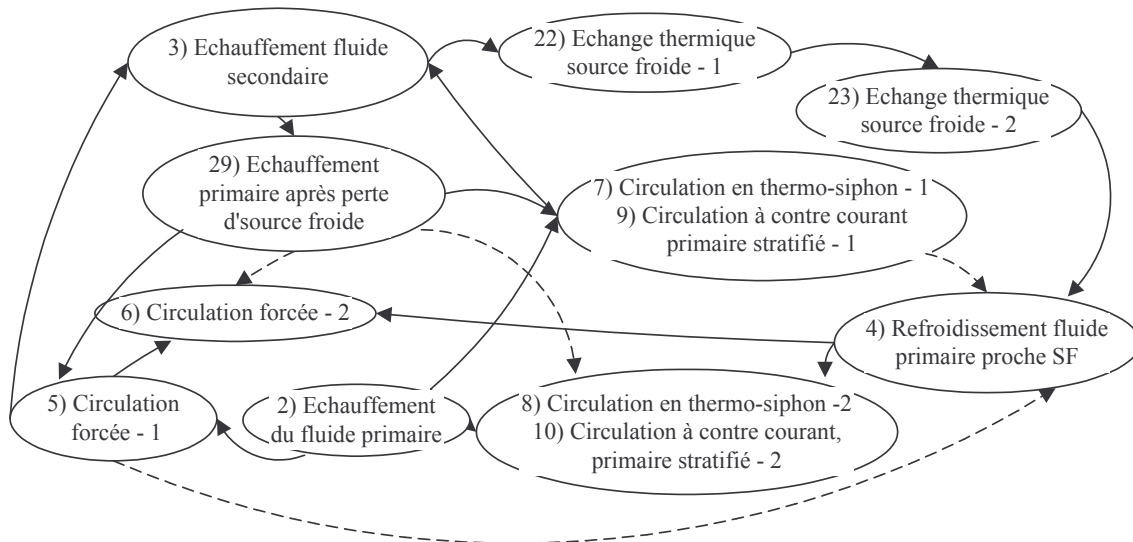


figure 2 : extrait du graphe d'enchaînement des processus

La conception d'un scénario d'évolution des processus permet de structurer le domaine.

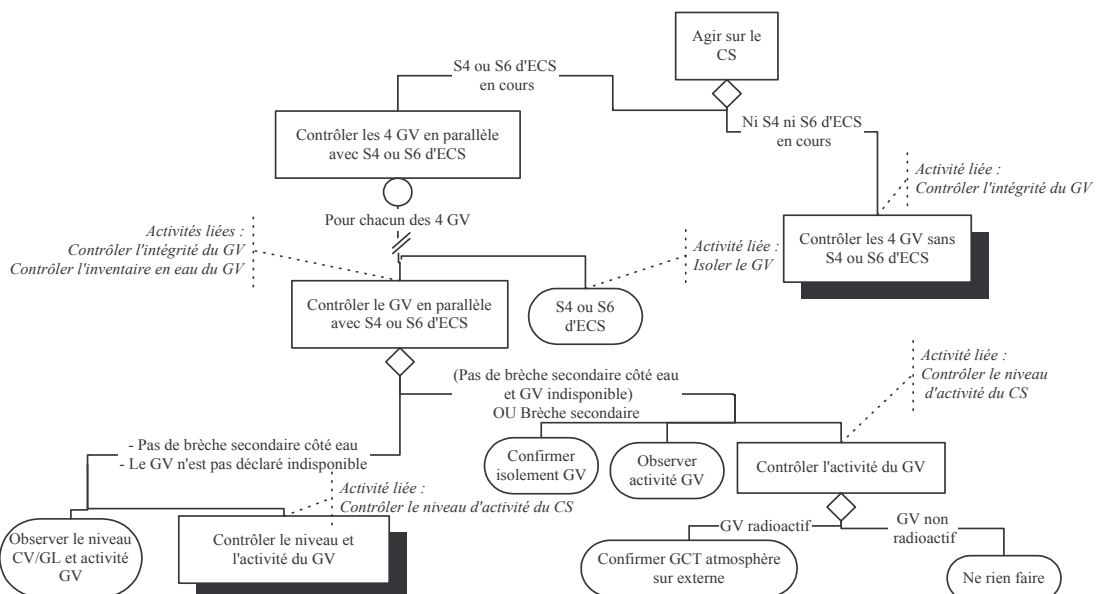
Les liens entre les processus sont causaux. Ils caractérisent le déclenchement (en trait plein) ou l'inhibition (en pointillés) d'un processus par un ou plusieurs autres. On retrouve dans le graphe résultant la très forte connexité

### 3.4. Modélisation des activités de conduite d'une centrale nucléaire en mode dégradé

```

graph LR
    I1[Instrumentation enceinte] --> C1[Contrôler l'intégrité du CP]
    K1[Connaissances des processus 11, 13, 15] --> C1
    C1 --> E1[Etat d'intégrité du CP]
    C1 -- "OP, IS, CT" --> GV[GV]
    EGV[Etat d'intégrité du GV] --> GV
    GV -- "Processus inhibés : 3, 12" --> I2[Isoler le GV]
    GV -- "- OS, IS, CT" --> I2
    I2 -- "Etat OK" --> C2[Contrôler l'intégrité de l'enceinte]
    K2[Connaissances des processus 11 à 15] --> C2
    I3["- Instrumentation enceinte  
- Contrôles de pollution"] --> C2
    C2 --> E2[Etat d'intégrité de l'enceinte]
    C2 -- "- OS, IS, CT" --> Out[ ]
  
```

### 3.5. La modélisation des procédures de conduite



4

Le modèle de tâches décrit la stratégie de conduite, c'est à dire comment atteindre un but exprimé par une activité de conduite. Cependant, il n'y a pas *filiation* directe entre une tâche et une activité puisqu'une tâche permet d'atteindre différents buts décrits par plusieurs activités. (Cf. figure 4)

## 4. Le Logiciel *HYPERMEDIA*

Les techniques de *l'hypermedia* permettent de visualiser aisément le modèle créé.

### 4.1. Fonctions de service du livre de connaissances

Pour faciliter la lecture du modèle, nous créons un *livre électronique de connaissances*. Ainsi, l'utilisateur accède à chaque *processus* de façon linéaire ou en sélectionnant celui qui l'intéresse dans le *graphe des processus* ; il explore les *activités* par niveaux hiérarchiques ou à partir de l'arbre fonctionnel ; il explore un exemple de procédure de conduite à travers le *modèle de tâches*. En sélectionnant une activité donnée, il accède à tous les processus impliqués par cette activité. Inversement, la sélection d'un *processus* lui permet d'identifier toutes les *activités* qui le déclenche, l'inhibe ou nécessite sa connaissance. De même, en partant d'une tâche de conduite, l'utilisateur retrouve l'activité dont elle dépend et le processus qu'elle contrôle.

### 4.2 Méthodologie pour la conception de logiciel hypermedia

Nous combinons les trois méthodes RMM [Isakowitz 95], HDM [Garzotto 93], et DHRM [Halasz 94] pour réaliser notre application. La méthode HDM fournit une définition formelle et extensive des concepts. La méthode RMM met plus l'accent sur la conception de l'interface abstraite et de la navigation. DHRM se concentre plus sur la définition physique des liens et leur localisation.

Les liens de navigation ont été spécifiés dans un automate à états finis dont les noeuds sont les différents modèles de connaissances.

### 4.3 Mise-en-oeuvre et perspectives

L'application a été réalisée avec un langage auteur du commerce (Toolbook 3.0 de Asymetrix).

Pour ce type de livre électronique, le problème principal est sa maintenance. Du fait que chacun des hyperliens est spécifiquement réalisé en Toolbook, il est très coûteux d'assurer une cohérence du graphique de navigation en fonction de son contenu. Nous nous orientons donc vers la recherche d'un outil hypermedia qui permette au concepteur de mettre à jour sa base de connaissances.

## 5. Conclusion

Le modèle de conduite construit doit être considéré comme une base de réflexion pour un nouveau système d'aide à la conduite. Il est le niveau minimal de modélisation pour refléter la conduite de la tranche.

A partir de ce modèle, nous expliquons les processus physiques mis en jeu sur une tranche ainsi que les activités nécessaires à sa conduite. Les liens entre les activités de conduite et les processus mis en jeu permettent d'expliquer la conduite de la tranche tout en justifiant le pourquoi d'une activité. En établissant les liens entre les tâches opérateurs et les activités, il est possible de justifier une action à réaliser en la présentant du point de vue des activités et du point de vue des processus.

Le nombre de liens entre les différents modèles étant considérable, la conception d'un logiciel d'hypermedia permet de naviguer entre ces modèles et ainsi de mettre à la demande de l'utilisateur en regard les relations entre les tâches opérateurs, les activités de conduite et les processus physiques.

La présentation conjointe et fortement imbriquée des différents points de vue (conduite et physique) d'une tranche devrait permettre de faire évoluer la façon de pensée la conduite des centrales nucléaires.

## 6. Références

- [Breuker 1994] Breuker J., Van de Velde W. Eds : Common KADS Library for Expertise Modelling, IOS Press, 1994
- [Ermine 96] J-L Ermine, M. Chaillot, P. Bignon, B. Charreton, D. Malavieille : MKSM, méthode pour la gestion des connaissances, Ingénierie des systèmes d'information AFCET-Hermès, 1996, Vol 4, n° 4, pp. 541-575
- [Garzotto 95] Hypermedia design, analysis and evaluation issues F. Garzotto, L.
- [Halasz 94] The Dexter hypertext reference model F. Halasz, M. Schwartz. Com of the ACM, Vol 37, No 2, February 1994
- [Hickman 89] Hickman F.R., Killin J., Land L., Mulhall T., Porter D., Taylor R.M. : Analysis for Knowledge-based Systems, a Practical Guide to the KADS Methodology, Ellis Horwood, 1989
- [Isakowitz 95] RMM : A methodology for structured hypermedia design Com of the ACM, Vol 38, No 8. August 1995
- [Le Moigne 77] Le Moigne J-L : La théorie du Système Général, théorie de la modélisation, P.U.F., Paris, 1977, 3ième édition mise à jour, 1990
- [Scapin 90] : Scapin D., Pirret-Golbreich C. : Towards a method for task description : Mad , in L. Berlinguer and D. Berthelette (Eds), Work in display units 89, Elsevier Science Publishers, North Holland, 1990
- [Sebillotte 88] Sebillotte S. : Hierarchical planning as method for task analysis : the example of office task analysis, Behaviour and information technology, vol. 7, n° 3, pp. 275-293, 1988
- [Sureau 1981] P. Cadiet, G. Depond, H. Sureau, Etats de refroidissement d'une chaudière PWR et actions de l'opérateur, TC 81-28, 1981